

Taschen- Lexikon

ATM



A Principal Member of



The ATM Forum

**Wandel & Goltermann is an
active member of**

The ATM Forum and ITU-T



Taschenlexikon für den Asynchronen Transfer-Modus und ATM-Tests

Herausgeber: Wandel & Goltermann GmbH & Co
Elektronische Meßtechnik
P.O. Box 12 62
D-72795 Eningen u.A.
Germany
e-mail: solutions@wago.de
<http://www.wg.com>

Autor: Stephan Schultz

INHALTSVERZEICHNIS

Einführung	3
Wie sieht der ATM-Markt aus?	5
Warum ATM?	6
Was ist ATM?	9
Die Standardisierung von ATM	11
ATM-Schnittstellen	11
Und am Anfang war die Zelle	13
Welche Zellcodierungen gibt es?	15
Die virtuelle Verbindung oder wie findet die Zelle ihren Weg	17
ATM im Referenzmodell	19
Netzmanagement durch OAM-Zellen	28
Fehler und Alarme	30
Zellsynchronisation	31
Fehlererkennung und Fehlerkorrektur	33
Signalisierung im ATM	34
Adressierung in ATM-Netzen	37
ATM-Service-Kategorien	39
Traffic Contract (Verkehrsvertrag)	42
Traffic Management	45
ATM-Meßaufgaben	48
• Wie wird getestet	51
• Quality of Service	52
• Usage Parameter Control-Test	54
• Test der Kanaltransparenz	56
• Sensortest: Loss of Cell Delineation	57
• Interworking-Tests	58
Abkürzungsverzeichnis	61

Einführung

Multimedia – ein Wort, das uns – egal ob technikbegeistert oder nicht – dieser Tage immer wieder begegnet. Der Trend geht hin zur Verknüpfung von Tönen, Bildern, Texten und bewegten Bildern, um uns etwas zu lehren, uns zu unterhalten oder zu informieren. Immer wieder stellen die Anwender dabei fest, daß die Leistung der Computer mit dieser Entwicklung kaum noch Schritt halten kann. Dies und die weltweit zunehmende Vernetzung der PC in diesem Jahrzehnt stellten die Netzbetreiber vor völlig neue Herausforderungen.

Aus historischen Gründen entstanden verschiedene, weitgehend voneinander unabhängige Netze, die auf unterschiedlichen Technologien basierten. So gab es auf der einen Seite Telefonnetze, die neben der Sprachübertragung auch zur Übertragung von Fax und Daten mit entsprechend geringer Bandbreite geeignet waren. Daneben existierten Netze, die auf die speziellen Bedürfnisse der Datenübertragung zugeschnitten waren.

Die Abkürzung **ATM** steht für **A**synchroner **T**ransfer **M**ode. Für ATM stand dieselbe Idee Pate, die bereits zur Entwicklung von ISDN (Integrated Services Digital Network) führte. Es sollte ein Netz geschaffen werden, das alle derzeitigen und alle zukünftigen Anwendungen unabhängig von ihrem Bandbreitenbedarf abdeckt. Angestrebt wurde die Vereinigung von Telekom- und Datakom-Welt. ATM hat bereits bewiesen, daß es in den nächsten Jahren eine entscheidende Rolle im Backbone-Bereich von Telekommunikationsnetzen spielen wird. Die Einführung von neuen Anwendungen wie Telemedizin oder Video-on-Demand (VoD) wird entscheidende Impulse für den weiteren Ausbau von ATM-Netzen liefern.

Dieses Taschenlexikon soll Ihnen einen Einführung in die ATM-Grundlagen geben. Im Anschluß werden verschiedene Meßverfahren näher beleuchtet.

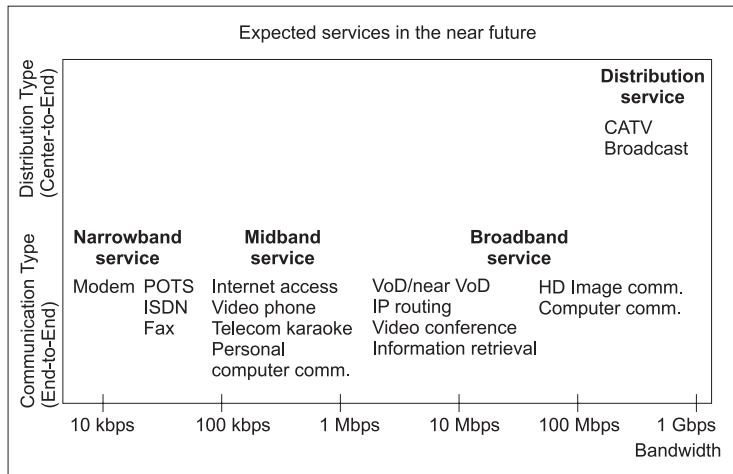


Bild 1: Überblick über neue Dienste und deren Bandbreitenbedarf (Quelle: Fernmeldeingenieur 5/96)

Wie sieht der ATM-Markt aus?

Es gibt kaum eine Technologie, die derzeit so kontrovers diskutiert wird wie ATM. Die Verteidiger dieser Technologie preisen ATM als das zukünftige Transportnetz für verschiedenste Dienste mit garantierter Qualität an, während die Kritiker die Komplexität und die relativ hohen Kosten der Implementierung beanstanden. Dies spiegelt sich nicht zuletzt auch in den Marktprognosen wider. Grundsätzlich wird jedoch ein solides Wachstum besonders im WAN-Markt erwartet. Inwieweit sich ATM auch im Anschlußbereich durchsetzen wird, bleibt abzuwarten.

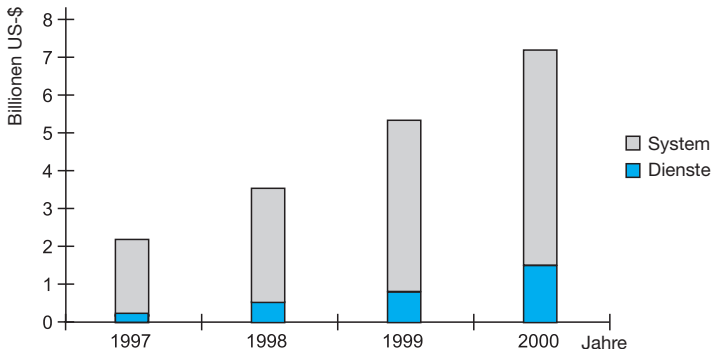


Bild 2: Weltweiter ATM-Markt
Quelle: Vertical Systems 1997

Einige Beispiele sollen beweisen, daß ATM auf dem Weg zu einer weltweit akzeptierten Technologie ist: British Telecom plant den Aufbau eines ATM-Netzes mit 200 ATM-Vermittlungsstellen (6/98) in den nächsten Jahren. Die Deutsche Telekom bietet den Dienst flächendeckend unter den Namen „T-Net-ATM“ an. Als nächster Schritt wird Anfang 1999 das Produkt Global ATM in 15 Ländern weltweit zur Verfügung stehen. Am weitesten sind die schwedische TELIA und die Telecom Finnland. Diese beiden Netzbetreiber bieten IP (Internet Protocol) über ATM an.

Warum ATM?

Vor der Entwicklung von ATM gab es für jede Anwendung ein spezielles Netz. Der Grund für diese Entwicklung war in erster Linie, daß die angebotenen Dienste die unterschiedlichsten Anforderungen an die Übertragung stellten. So ist für die Übertragung von Telefongesprächen eine Bandbreite von 3,1 kHz ausreichend. Die Zeit für die Übertragung der Sprachinformationen muß jedoch gering und konstant sein. Ganz andere Anforderungen ergeben sich für die Übertragung von Daten zwischen Computern. Die notwendigen Bandbreiten sind im Laufe der Zeit immer größer geworden. Deshalb ist eine Übertragung über Telefonnetze auf geringe Datenmengen begrenzt. Außerdem ist die Art und Weise der Kommunikation zwischen Computern eine ganz andere als zwischen Menschen. Die Übertragung von Daten ist geprägt von Verkehrsspitzen (englisch: „burst“), d. h., die Übertragung kann lange Zeit ruhen, bevor plötzlich Daten im Mbit/s-Bereich für einige Sekunden verschickt werden. Die Zeit für die Übertragung spielt dabei eher eine untergeordnete

Rolle. Für die Kommunikation zwischen Menschen ist ein konstanter Zeitbezug zwischen gesprochenem und empfangenem Wort sehr wichtig.

Diesen unterschiedlichen Anforderungen wurde mit verschiedensten Technologien Rechnung getragen. So steht auf der einen Seite das Zeitmultiplexverfahren (TDM – Time Division Multiplexing), das hauptsächlich zur Übertragung von Telefongesprächen genutzt wird. Auf der anderen Seite stehen eine ganze Reihe von standardisierten Protokollen, die hauptsächlich auf der Benutzung von Paketen mit variabler Länge basieren. Stellvertretend seien hier X.25, Frame Relay und IP (Internet Protocol) genannt.

ATM vereinigt reine Datennetze und reine Telefonnetze.

Folgende Vorteile ergeben sich durch den Einsatz von ATM:

- Integration von verschiedenen Diensten wie Sprache, Bild, Video, Daten und Multimedia sowie Anpassung an die unterschiedlichsten Anforderungen und Verkehrsprofile.
- Vereinheitlichung der Netzstrukturen und Netzkomponenten. Daraus ergibt sich eine Kostenreduktion für Netzbetreiber. ATM ermöglicht die Integration von Netzen und verbessert damit die Effizienz und Verwaltbarkeit.
- Bereitstellung von Bandbreite für neue Anwendungen wie Telemedizin, Telelearning, Internet, Video-on-Demand . . .

- Medienunabhängige Übertragung.
PDH, SDH, SONET und andere Medien können für den Transport von ATM-Zellen eingesetzt werden. Diese Übertragungsverfahren sind für ATM transparent.
- ATM ist skalierbar. Das bedeutet, daß sich die Bandbreite sehr flexibel an die Kundenwünsche anpassen läßt.
- Garantierte Übertragungsqualität entsprechend dem vom Kunden gewünschten Dienst (Quality of Service – QoS).

Telefon, Fax ➔ digitales oder analoges Telefonnetz
 Daten ➔ Datennetze, wie z. B. X.25, Frame Relay ...
 Kabel-TV ➔ CATV-Netze



- ATM ist eine Technologie, die sich sowohl im Anschlußbereich als auch im Fernbereich einsetzen läßt. Das bringt den Vorteil, daß kostspielige Übergänge vermieden und durchgängig von einem Teilnehmer zum anderen auf eine Übertragungstechnologie zurückgegriffen werden kann. Derzeit setzt sich ATM jedoch nur sehr zögernd gegen bestehende Technologien im LAN-Bereich durch.

Was ist ATM?

ATM (Asynchronous Transfer Mode) ist ein verbindungsorientiertes, zellenvermitteltes Datenübertragungsverfahren. Es verwendet zur Übertragung von Nutz- und Signalisierungsinformationen Zellen mit einer festgelegten Länge von 53 Byte und unterscheidet sich damit deutlich von den paketvermittelnden Systemen wie X.25 oder Frame Relay, in denen Datenpakete mit unterschiedlichen Längen zur Anwendung kommen. Die zeitlich aneinandergelagerten Zellen bilden den kontinuierlichen Datenstrom.

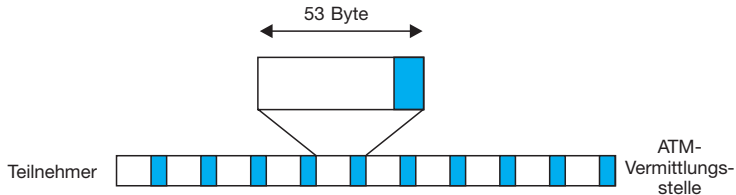


Bild 3: ATM-Zellenstrom

Im Vergleich zu synchronen Verfahren mit fester Zuordnung von Zeitschlitzen haben die von einer Endeinrichtung benutzten Zellen keine feste Position im Zellenstrom. Der Bandbreitenbedarf der Quellen wird durch die Benutzung einer entsprechenden Anzahl von Zellen pro Zeiteinheit gedeckt.

Zum besseren Verständnis soll eine Seilbahn als Vergleich dienen (siehe Bild 4).

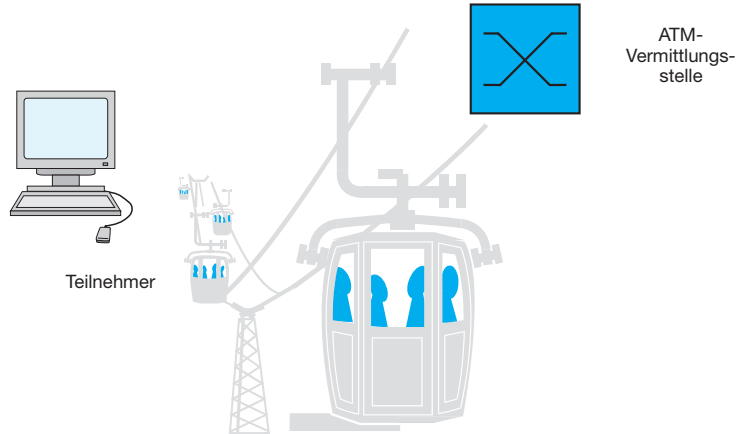


Bild 4: „Analogie ATM-Verfahren – Seilbahn“

Die Gondeln bewegen sich unaufhörlich von der Talstation aufwärts und in der Gegenrichtung von der Bergstation abwärts. Ist die Anzahl der zu befördern Skifahrer groß, so wird fast jede Gondel benutzt. Die Kapazität der Seilbahn wird so vollständig ausgenutzt. Verringert sich die Anzahl der Passagiere, so bleiben einige der Gondeln leer.

Ganz ähnlich funktioniert die Bandbreitenanpassung in ATM. Ein kontinuierlicher Zellenstrom bewegt sich vom Teilnehmer zum Netz und umgekehrt. Sind keine Daten zu übertragen, so werden in den Zellenstrom sogenannte Leerzellen eingefügt, die keinerlei Informationen beinhalten. Steigt der Bandbreitenbedarf, so wird das Verhältnis von genutzten zu leeren Zellen größer. Die Bandbreite läßt sich somit sehr flexibel verändern.

Die Standardisierung von ATM

Die Standardisierung des ATM-Verfahrens wird durch zwei Gremien vorangetrieben. Auf der einen Seite gibt es einen Zusammenschluß von ca. 700 Herstellern und Betreibern von Telekommunikationseinrichtungen, das sogenannte ATM-Forum. Auf der anderen Seite steht das internationale Normungsgremium ITU-T (früher CCITT). Beide Gremien arbeiten eng zusammen, wobei bemerkt werden muß, daß das ATM-Forum wesentlich schneller auf die Bedürfnisse des Marktes und neue technische Entwicklungen reagiert. Deshalb gibt es oft kleine Unterschiede zwischen den Empfehlungen der beiden Institutionen.

ATM-Schnittstellen

In ATM-Netzen wird zwischen verschiedenen Schnittstellen unterschieden. Die Schnittstelle zwischen der Teilnehmervermittlungsstelle und den Endeinrichtungen wird als UNI (User Network Interface) bezeichnet. Zwischen den Vermittlungsstellen befindet sich das NNI (Network Node Interface). Für beide Schnittstellen wurden von der ITU-T gesonderte

Signalisierungsprotokolle definiert. Das Protokoll für die Public-UNI-Schnittstelle ist in der Recommendation Q.2931 festgelegt. Für die NNI-Schnittstelle gilt die Recommendation Q.2764. Beide Empfehlungen sind stark an die ISDN-Protokolle angelehnt. Für Privatnetze gelten eigene Festlegungen für NNI und UNI. Die dort angewendeten Protokolle sind durch das ATM-Forum definiert (Private UNI und Private NNI).

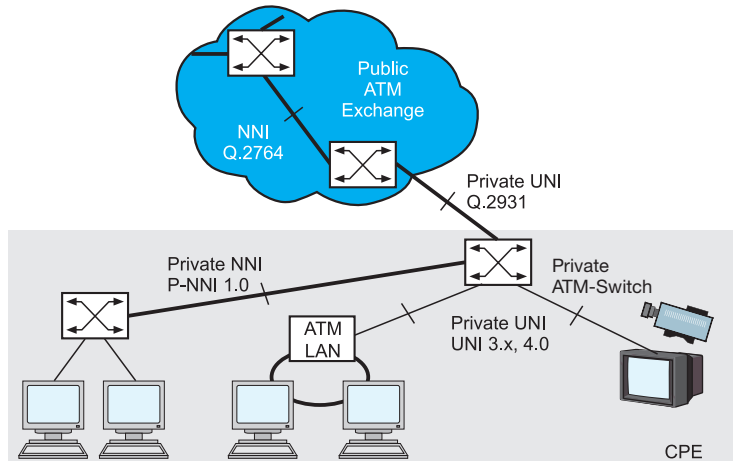


Bild 5: Vereinfachte ATM-Netzstruktur

Und am Anfang war die Zelle ...

Die ATM-Zellen sind die kleinsten einheitlichen Informationseinheiten im ATM-Netz. Alle Nutz- und Signalisierungsdaten müssen auf dieses Zellenformat abgebildet werden. Die Zelle ist insgesamt 53 Byte lang, wobei 5 Byte auf den Zellenkopf entfallen und 48 Byte für die Nutz- oder Signalisierungsinformationen (die sogenannte Payload) zur Verfügung stehen. Die im Zellenkopf enthaltenen Informationen dienen vor allem dazu, die Zelle durch das ATM-Netz zu leiten.

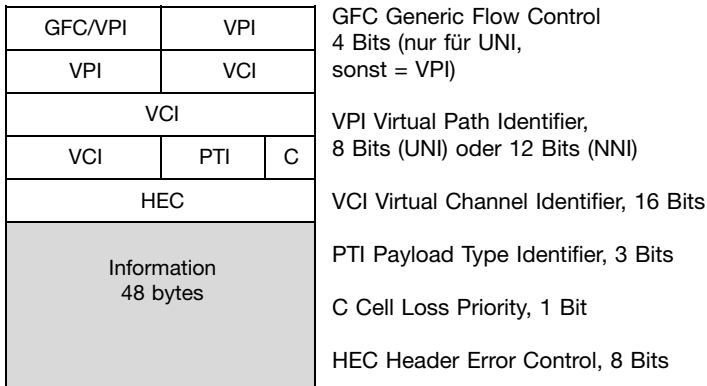


Bild 6: Aufbau der ATM-Zelle

- GFC (Generic Flow Control): Dieses Feld hat eine Größe von 4 Bit und unterstützt die Teilnehmerkonfiguration. Es soll ein mögliches Bussystem an der Teilnehmerschnittstelle steuern, kommt z. Z. noch nicht zum Einsatz.
- VPI (Virtual Path Identifier): Das VPI-Feld beinhaltet den zweiten Teil der Adressierungsanweisungen und ist dem VCI übergeordnet. Der VPI faßt mehrere virtuelle Kanäle zusammen. Das ermöglicht eine schnelle Lenkung der Zellen durch das Netz, da es Übertragungseinrichtungen (ATM Cross Connect) gibt, die den Zellenstrom aufgrund des VPI in verschiedene Richtungen schalten können. VPI und VCI werden beim Verbindungsaufbau durch die Vermittlungsstellen vergeben.
- VCI (Virtual Channel Identifier): Dieses Feld enthält einen Teil der Adressierungsanweisungen. Alle Zellen, die zu einer virtuellen Verbindung gehören, erhalten denselben VCI. Der Virtual Channel Identifier kennzeichnet jeweils einen Verbindungsabschnitt zwischen Vermittlungsstellen und zwischen Vermittlungsstelle und Teilnehmer. Die Summe der verschiedenen VCI markiert den Weg durch das Netz.
- PTI (Payload Type Identifier): Das Feld kennzeichnet die Art der Informationsfelddaten. Es wird zwischen Netz- und Nutzinformationen unterschieden.
- CLP (Cell Loss Priority): Der Inhalt des Feldes entscheidet darüber, ob eine Zelle im Falle eines Übertragungseinganges bevorzugt gelöscht wird oder nicht. Zellen mit $CLP = 0$ haben eine höhere Priorität als Zellen mit $CLP = 1$.

- HEC (Header Error Control): Aufgabe dieses Feldes ist es, die Fehler-sicherung und zum Teil auch die Fehlerkorrektur der Daten im Kopf-feld zu übernehmen. Anhand des HEC wird die Synchronisierung auf den Zellenanfang beim Empfänger durchgeführt. Zur Fehlererken-nung kommt ein CRC-Verfahren (CRC – Cyclic Redundancy Check) zur Anwendung. Der CRC basiert auf der Division des Kopffeldes durch das Generatorpolynom $x^8 + x^2 + x + 1$.

Welche Zellcodie-rungen gibt es?

Neben den bereits beschriebenen Zellen zur Übertragung von Nutz-daten und den Leerzellen (idle cells), wurden noch weitere Zellentypen definiert. So gibt es zusätzlich Zellen zur Übertragung von Signalisie-rungsinformationen und sogenannte OAM-Zellen (Operation, Admini-stration and Maintenance), die bei Bedarf in den Zellenstrom eingefügt werden. Letztere Zellenart überträgt Informationen zur Fehler-und Alarmüberwachung, zur Steuerung von ATM-Netzelementen und Fehlerlokalisierung.

Zu erwähnen sind auch die sogenannten „nicht zugewiesenen Zellen“ (unassigned cells). Diese Zellen werden ebenso wie die Leerzellen in den Zellenstrom eingefügt, wenn keine Informationen zu übertragen sind. Sie enthalten GFC-Informationen, sind aber keiner Verbindung zu-geordnet. Alle Zellen werden durch speziell reservierte VCI/VPI-Kombi-nationen gekennzeichnet (siehe Tabelle).

- A: kann 0 oder 1 sein, entsprechend der Funktion der ATM-Schicht
- B: der Inhalt dieses Bits hat keine Bedeutung
- C: die sendende Endeinrichtung soll das CLP-Bit auf Null setzen. Der Wert kann durch das Netzwerk verändert werden.

Tabelle 1: Die Kombination von reservierten VPI-, VCI- und PTI-Werten am Public UNI

Bedeutung	VPI	VCI	PTI	CLP
Unassigned cell	00000000	00000000 00000000	Any value	0
Invalid	Any VPI value other than 0	00000000 00000000	Any value	B
Point-to-point signaling	XXXXXXXX	00000000 00000101	0AA	C
Segment OAM F4 flow cell	Any VPI value	00000000 00000011	0A0	A
End-to-end OAM F4 flow cell	Any VPI value	00000000 00000100	0A0	A
VP resource management cell	Any VPI value	00000000 00000110	110	A
Segment OAM F5 flow cell	Any VPI value	Any VCI value other than decimal 0, 3, 4, 6, 7	100	A
End-to-end OAM flow cell	Any VPI value	Any VCI value other than decimal 0, 3, 4, 6, 7	101	A
VC resource management cell	Any VPI value	Any VCI value other than decimal 0, 3, 4, 6, 7	110	A
Reserved for future VC functions	Any VPI value	Any VCI value other than decimal 0, 3, 4, 6, 7	111	A

Die virtuelle Verbindung oder wie findet die Zelle ihren Weg

ATM gehört zu den verbindungsorientierten Vermittlungsverfahren, d.h., daß vor der Übertragung von Daten eine Verbindung durch das Netz aufgebaut werden muß (ähnlich einer Telefonverbindung). Die Verbindung im ATM-Netz wird als „virtuell“ bezeichnet, da diese nicht physikalisch besteht, sondern nur in Form von sogenannten „Routingtabellen“ in den Vermittlungsstellen.

Die Lenkung der Zellen durch das Netz erfolgt aufgrund der Informationen im VPI/VCI-Feld. Diese Kennzeichnung gilt dabei jeweils nur für einen Verbindungsabschnitt. Der VCI wird von der Vermittlungsstelle vergeben und kennzeichnet zusammen mit dem VPI alle Zellen, die zu einer Verbindung gehören. Bei Auflösung einer Verbindung werden die VCI-Werte dem Netz wieder zur Verfügung gestellt. Die VPI-Werte kennzeichnen sogenannte virtuelle Pfade. Sie ermöglichen eine Zusammenfassung der Kanäle. Wie im Bild 7 dargestellt, können ATM Cross Connects den VPI ändern und damit eine Selektion vornehmen. Die Vermittlung der Zellen und die damit verbundene Änderung beider Adressierungsinformationen bleibt dem ATM Switch vorbehalten.

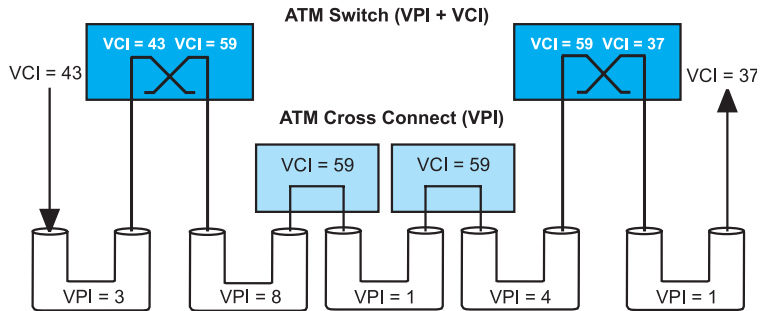


Bild 7: Beispiel für einen virtuellen Pfad

ATM im Referenzmodell

Das Schichtenmodell des ATM setzt sich aus 4 Schichten zusammen und basiert auf den Prinzipien des ISO-OSI-Schichtenmodells. Um ATM jedoch genau darzustellen, war die Erstellung von zwei speziellen ATM-Schichten notwendig. Dies sind die ATM-Schicht und die ATM-Anpassungsschicht. Alle Schichten sind über drei Kommunikationsebenen miteinander verbunden. Der Aufbau wird durch das Bild 8 verdeutlicht.

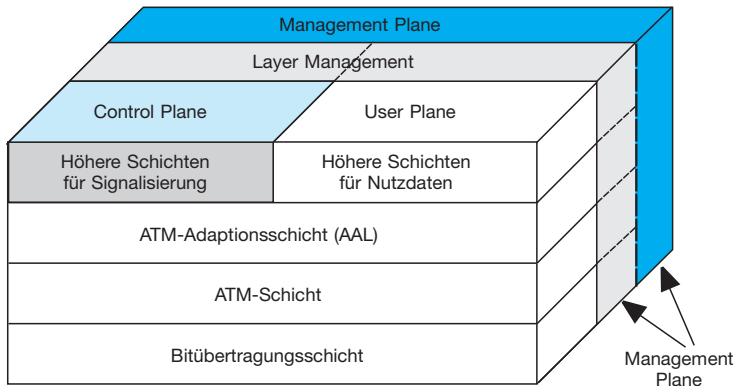


Bild 8: ATM im Referenzmodell

Die Aufgaben der drei Kommunikationsebenen wurden durch die ITU-T wie folgt beschrieben:

- Die Nutzerebene (User Plane) transportiert die Nutzdaten einer Anwendung. Sie verwendet dafür die Bitübertragungs-, ATM- und ATM-Anpassungsschicht.
- Die Steuerebene (Control Plane) sorgt für den Aufbau, den Unterhalt und den Abbau von Nutzverbindungen in der Nutzebene – Stichwort: Signalisierung.
- Die Managementebene (Management Plane) besteht aus dem Schichten-Management (Layer Management) und dem Ebenen-Management (Plane Management). Das Schichtenmanagement überwacht und koordiniert die einzelnen Schichtenaufgaben, während das Ebenen-Management überwachende und koordinierende Aufgaben im Netz übernimmt.

Bitübertragungsschicht

Die Bitübertragungsschicht ist die einzige Schicht, die eine reale, physikalische Verbindung zu einem anderen System besitzt. Im ATM ist kein spezifisches Übertragungsmedium festgelegt. SDH und SONET sind die bevorzugten Übertragungsmedien im Kernbereich der Netze. Diese Technologien garantieren hohe Bandbreiten und geringe Fehlerraten. Weiter kommen noch PDH und asynchrone Übertragungsverfahren zum Einsatz. Eine immer größere Bedeutung im Anschlußbereich werden des weiteren die xDSL-Technologien spielen. Sie ermöglichen die Übertragung von Daten im Mbit-Bereich über bereits verlegte Kupferdoppeladern.

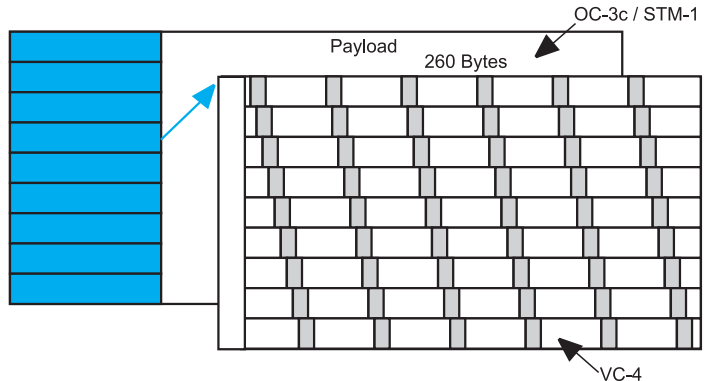


Bild 9: SONET/SDH als physikalische Schicht

ATM-Schicht

Die Hauptaufgabe der ATM-Schicht ist der Transport und die Vermittlung der ATM-Zellen. Dazu fügt sie den von der ATM-Anpassungsschicht erhaltenen Daten die Zellenköpfe hinzu. Diese enthalten alle Steuerungs- und Adreßinformationen. Zellen für spezielle Anwendungen, wie z. B. OAM-Zellen, werden gekennzeichnet. Die Fehlersicherung der Kopfdaten erfolgt durch ein CRC-Verfahren (Cyclic Redundancy Check) und die Übertragung des Ergebnisses im HEC-Feld. Bei ankommenden ATM-Zellen wertet die ATM-Schicht die Informationen des VPI/VCI-Feldes aus. Die Auswertung des HEC-Feldes ist eine Teilfunktion der Bitübertragungsschicht.

AAL-Schicht

Die AAL-Schicht (ATM Adaptation Layer) hat die Aufgabe, die Daten der höheren Schichten an das Format des Informationsfeldes einer ATM-Zelle anzupassen. Dies erfolgt in Abhängigkeit von den beanspruchten Diensten. Andererseits setzt die auch als AAL-Schicht bezeichnete Schicht die Daten aus den Informationsfeldern wieder zum ursprünglichen Datenstrom zusammen und gleicht Zellenlaufzeiten aus. In dieser Schicht erfolgt die Protokollanpassung für die darüberliegenden Schichten.

Um die vielfältigen Anforderungen an die Datenübertragung erfüllen zu können, wurden vier Dienstklassen geschaffen. Diesen Klassen sind wiederum verschiedene Dienstypen zugeordnet. Es existieren vier verschiedene Dienstypen: AAL1, AAL2, AAL3/4 und AAL5.

Die AAL wird in zwei Teilschichten, die Konvergenzteilschicht (**CS**, **C**onvergence **S**ublayer) und die Segmentierungs- und Reassemblierungsteilschicht (**SAR**, **S**egmentation and **R**eassembly Sublayer) unterteilt. Der SAR-Sublayer sorgt für die Aufteilung der Daten höherer Schichten auf die Informationsfeldgröße der Zellen und fügt die aufgeteilten Daten auf der Empfängerseite wieder zusammen. Der CS erledigt Funktionen wie die Identifikation von Meldungen und die Zeit- bzw. Taktaufriechung, wobei sich die Aufgaben je nach gewähltem Dienst unterscheiden.

AAL-Typ 1

Dieses standardisierte Protokoll wird für den Transport von zeitkritischen Anwendungen mit konstanter Bitrate (z. B. Sprache und Video) und für die Emulation von PDH-Pfaden wie E1 oder DS1 verwendet.

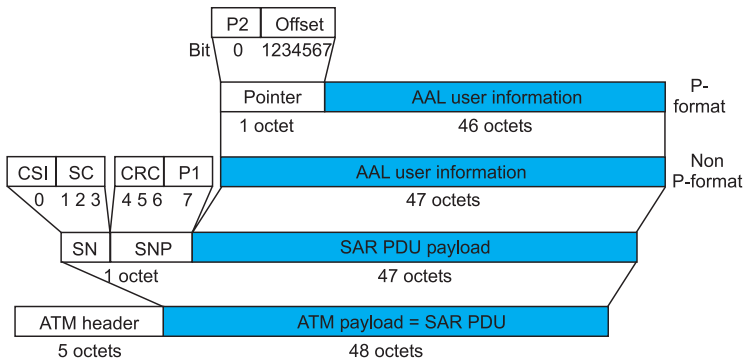


Bild 10: AAL-Diensttyp 1

AAL-Typ 2

Dieser AAL-Typ findet Anwendung bei zeitkritischen Diensten mit variabler Bitrate. Eine konkrete Anwendung zeichnet sich beim Einsatz von ATM in Mobilfunknetzen ab.

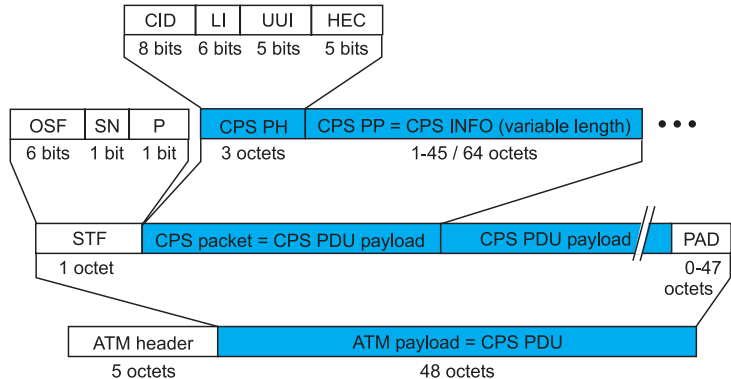
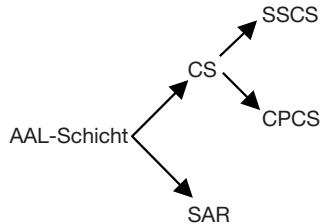


Bild 11: AAL-Diensttyp 2

AAL-Typ 3/4

Die Aufgabe des AAL-Typs 3/4 ist die Anpassung von verbindungsorientierter und verbindungsloser Datenübertragung an das ATM-Zellenformat. Das Anwendungsgebiet liegt in der Verbindung von LAN's und von Datenübertragung via ATM. Zur Beschreibung der Funktion entstanden nochmals zwei Teilschichten. Der Convergence Sublayer ist unterteilt in den Common Part Convergence Sublayer (CPCS) und Service Specific Convergence Sublayer (SSCS).



In der SSCS-, der CPCS- als auch in der SAR-Teilschicht werden zu den Daten aus den höheren Schichten Informationen hinzugefügt. Diese dienen beispielsweise der Fehlersicherung von Nutzdaten, der Flußsteuerung und zur Kennzeichnung der Segmentierung.

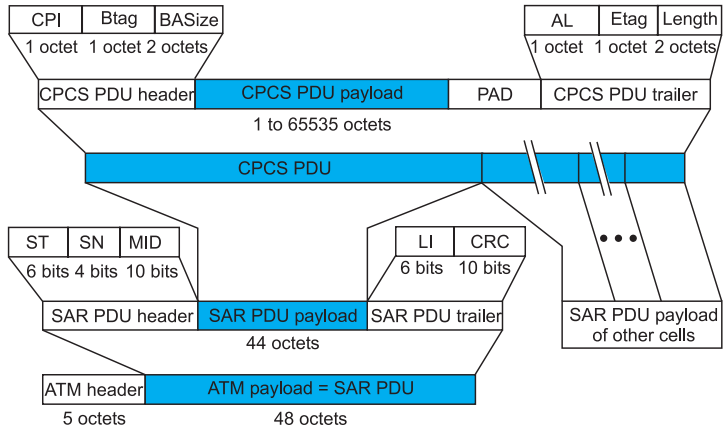


Bild 12: AAL-Diensttyp 3/4

AAL-Typ 5

Der AAL-Typ 5 wurde für die speziellen Anforderungen von Frame Relay und TCP/IP geschaffen. Er stellt eine abgespeckte Version des AAL3/4 dar.

Die von der SSCS kommenden Daten werden mit einigen Zusatzinformationen ergänzt. Die Padding Bytes sorgen dafür, daß eine durch 4 teilbare Länge der CPCS-PDU entsteht. Das CRC-Feld enthält die Prüfsumme über die gesamte CPCS-PDU. Das Längensfeld gibt die Anzahl der Bytes der SAR-PDU an (1 bis maximal 65 535). Danach wird das so entstandene Datenpaket in der SAR-Schicht in 48 Byte langen Teilstücken abgebildet. Der Rest zu 48 Byte wird mit dem PAO-Feld aufgefüllt.

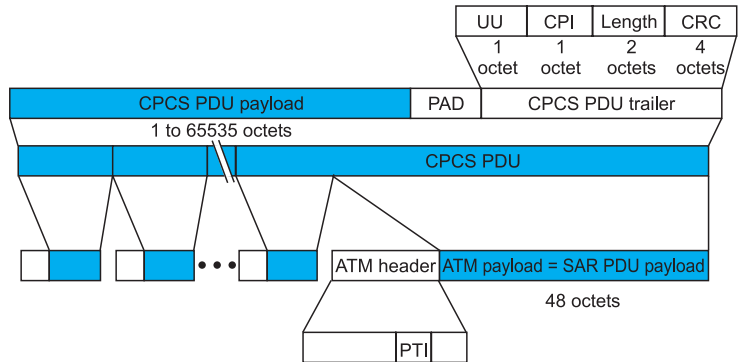


Bild 13: AAL-Diensttyp 5

Netzmanagement durch OAM-Zellen

Die OAM-Zellen erlauben einem ATM-Netzbetreiber sein Netz hinsichtlich auftretender Fehler zu überwachen, die Qualität der Verbindungen zu ermitteln und die Qualitätsmessung eines ATM-Netzelements zu konfigurieren. Die Zellen nehmen durch das Netz denselben Weg wie die Nutzzellen. Sie sind zur Unterscheidung im Header durch Kombinationen von reservierten VCI- und PTI-Werten gekennzeichnet (siehe Abschnitt „Zellarten“). Das Format der OAM-Zellen ist im Bild 14 illustriert.

Zell-Kopf	OAM-Typ	Funktions-Typ	Funktions-spezifisches Feld	Reserviert für zukünftige Anwendungen	Error Detection Code (CRC-10)
5 Bytes	4 Bits	4 Bits	45 Bytes	6 Bits	10 Bits

Bild 14: Standard-OAM-Zellen-Format

OAM-Typ: OAM-Zelltyp (siehe Tabelle 2)

Funktions-Typ: Aufgabe der OAM-Zelle (siehe Tabelle 2)

Funktionsspezifisches Feld: entsprechend dem OAM-Zelltyp (Performance Management oder Activation/Deactivation)

EDC: Fehlersicherung über den Payloadbereich mittels CRC-10

OAM Cell Type	Value	Function Type	Bedeutung	Value
Fault Management	0001	AIS	Defekte in Vorwärtsrichtung melden	0000
		RDI	Defekte in Rückwärtsrichtung melden	0001
		Continuity check	Kontinuierliches Monitoren von Verbindungen	0100
		Cell loopback	Verbindungen/Durchgang prüfen Fehler lokalisieren Test von Verbindungen vor der Inbetriebnahme	1000
Performance management	0010	Forward monitoring	On-line Abschätzung der Qualität	0000
		Backward monitoring	Geschätzte Performance in Rückrichtung melden	0001
		Monitoring & reporting		0010
Activation/deactivation	1000	Performance monitoring	Performance Monitoring und Continuity Check aktivieren und deaktivieren	0000
		Continuity check		0001

Tabelle 2: OAM-Zelltypen und Function Type Code

Es wird zwischen 5 verschiedenen Ebenen des Netzmanagements unterschieden. Die Ebenen F1 bis F3 sind der physikalischen Schicht zugeordnet, d. h. beispielsweise SDH oder SONET. Die Informationen der physikalischen Schicht werden mittels Overheadbytes übertragen. (vergl. „SDH/SONET Pocket Guide“) Die Ebene F4 wird für Virtuelle Pfad-Verbindungen benutzt, während die Ebene F5 Virtuellen Kanälen zugewiesen ist.

Fehler und Alarme

Eine praktische Anwendung der OAM-Zellen ist das Alarmmanagement in ATM-Netzen (siehe Bild 15). Tritt in der physikalischen Ebene ein Defekt auf, so wird dies auch der VP- und als Folge davon auch der VC-Ebene gemeldet. In die Gegenrichtung erfolgt daraufhin das Aussenden

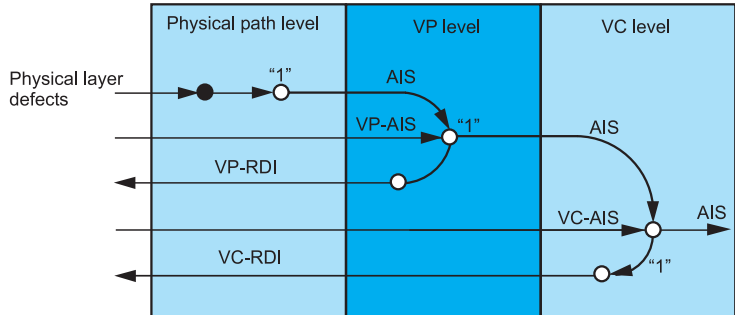


Bild 15: ATM-Alarmmanagement

einer OAM-Zelle mit einem VP- oder VC-RDI-Alarm. Dies signalisiert dem sendenden ATM-Netzelement, daß ein Fehler in der Senderichtung aufgetreten ist. Dieses Alarmmanagement und die Kriterien zum Auslösen der Alarme sind in der ITU-T-Empfehlung I.610 festgelegt.

Abk.	Bedeutung
VP-AIS	Virtual Path Alarm Indication Signal
VP-RDI	Virtual Path Remote Defect Indication
VC-AIS	Virtual Channel Alarm Indication Signal
VC-RDI	Virtual Channel Remote Defect Indication

Tabelle 3: Übersicht der ATM-Alarme

Zellsynchronisation

Wie synchronisiert sich ein Empfänger auf einen ATM-Zellstrom? Oder anders gefragt, wie erkennt der Empfänger, wo die eine Zelle beginnt und die andere aufhört? Die Antwort: Der Empfänger versucht das HEC-Feld des Zellheaders zu finden, indem er Bit für Bit den Zellstrom überprüft. Wie bei der Beschreibung des Zellformates bereits erwähnt, ist der Inhalt des HEC-Feldes ein CRC über den Rest des Zellheaders. Der Algorithmus zur Bildung dieser Prüfsumme ist dem Empfänger bekannt. Der empfangene Zellstrom wird so lange Bit für Bit verschoben, bis die Prüfsumme über die ersten 4 Bytes gleich dem fünften Byte ist. Dies ist der sogenannte „HUNT“-Zustand. Wird eine Übereinstimmung

zwischen der berechneten Prüfsumme und dem HEC gefunden, so wechselt der Empfänger in den „PRESYNCH“-Zustand. Es soll sichergestellt werden, daß nicht zufälligerweise eine Bitkombination gefunden wurde, die der Prüfsumme entspricht. Deshalb wird Zelle für Zelle verschoben und überprüft, ob m aufeinanderfolgende HEC korrekt sind (m ist normalerweise 6). Wurde ein HEC nicht erkannt, fällt der Empfänger wieder in den „HUNT“-Zustand zurück. Nach m erkannten HEC wechselt der Empfänger in den „SYNCH“-Zustand. In diesem Zustand werden die Zellen korrekt erkannt. Wenn n aufeinanderfolgende HEC falsch sind, geht der Empfänger wiederum in den „HUNT“-Zustand über (n ist normalerweise 7).

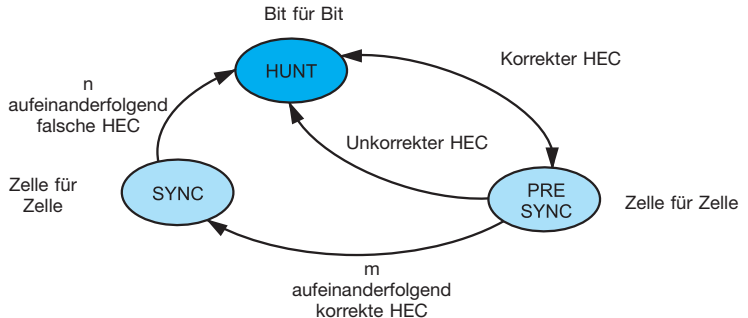


Bild 16: Zustandsdiagramm für die Zellsynchronisation

Fehlererkennung und Fehlerkorrektur

Der HEC erlaubt die Erkennung von Fehlern im Zellkopf. Der eingesetzte Algorithmus erlaubt des weiteren die Korrektur eines Fehlers. Dementsprechend funktioniert die Fehlerauswertung im Empfänger. Wird ein Fehler erkannt, so wird dieser korrigiert und der Empfänger wechselt vom Correction Mode in den Detection Mode.

Der HCOR-Alarm wird ausgelöst (Correctable Header Errors). Wird mehr als ein Fehler im Zellkopf erkannt, so wird diese Zelle sofort verworfen.

Der Empfänger wechselt ebenfalls in den Detection Mode.

In diesem Fall wird der HUNC-Alarm ausgelöst (Uncorrectable Header Errors). Befindet sich der Empfänger im Detection Mode, so führt jeder weitere fehlerhafte Zellkopf zum Verwerfen der entsprechenden Zelle, auch wenn es sich um nur einen Fehler handelt. Folgt eine fehlerfreie Zelle, so wechselt der Empfänger in den Correction Mode.

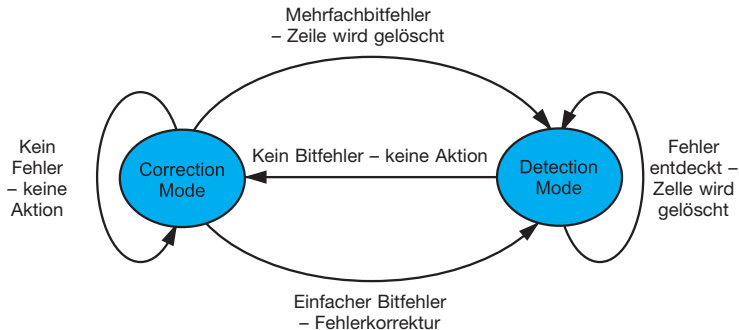


Bild 17: HEC-Automatenmodell einer ATM-Vermittlungsanlage

Signalisierung im ATM

ATM ist ein verbindungsorientiertes Übertragungsverfahren, d. h., vor der Übertragung von Nutzdaten muß eine virtuelle Verbindung aufgebaut werden. In PVC-Netzen (Permanent Virtual Circuits) sind die Verbindungen ähnlich wie Mietleitungen fest zwischen bestimmten Teilnehmern geschaltet. Eine Änderung kann nur vom Netzbetreiber vorgenommen werden. Die beschriebene Art der ATM-Netze ist oft der erste Schritt zur Einführung dieser Technologie. Schritt für Schritt erfolgt jedoch die Umstellung auf SVC-Netze (Switched Virtual Circuits). Ein Teilnehmer, der an ein solches Netz angeschlossen ist, kann mittels Signalisierung selber bestimmen, mit wem eine Verbindung aufgebaut werden soll. Dies ist vergleichbar mit der Wahl einer Telefonnummer. Für die Übertragung der Signalisierungsinformationen wird ein gesonderter Kanal benötigt. Bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen ist dieser fest vorgegeben. Zellen mit dem Wert VCI = 5 werden von der Vermittlungsstelle als Signalisierungsinformationen erkannt. Es wurde bereits erwähnt, daß in ATM-Netzen verschiedene logische Übergabepunkte definiert sind. Für diese Schnittstellen haben die ITU-T und das ATM-Forum Protokolle festgelegt und in entsprechenden Empfehlungen und Spezifikationen publiziert. An der UNI-Schnittstelle erfolgt die Signalisierung entsprechend der ITU-T-Empfehlung Q.2931. Diese Empfehlung ist aus der ISDN-Signalisierung Q.931 hervorgegangen. Sie gilt für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Die ATM-Forum-Empfehlungen UNI 3.1 und 4.0 sind eine Teilmenge von Q.2931. Sie enthalten jedoch Erweiterungen für Punkt-zu-Mehrpunkt, privater Adressierung und Verkehrsparametern. Für die NNI-Schnittstelle gilt die ITU-T-Empfehlung Q.2764. Auch diese Empfehlung ist aus einem ISDN-Protokoll entstanden, der Q.764.

Für die Signalisierung wurde eine spezielle AAL definiert, die SAAL (Signalisierungs-AAL). Die SAAL ist in der ITU-T-Empfehlung Q.2100 und AALS festgelegt. Da Signalisierungsdaten unbedingt einer Fehlersicherung bedürfen, wurde ein spezielles Protokoll festgelegt. Die dienstspezifische Teilschicht (SSCS – Service Specific Convergence Sublayer) besteht aus zwei Teilschichten, dem SSCOP (Service Specific Connection Oriented Protocol) und dem SSCF (Service Specific Coordination Function). Das SSCOP sorgt für die Fehlersicherung, indem es ähnlich dem HDLC-LAPD-Protokoll des D-Kanals im ISDN funktioniert. Das SSCF ist das Bindeglied zwischen den höheren Schichten und dem SSCOP.

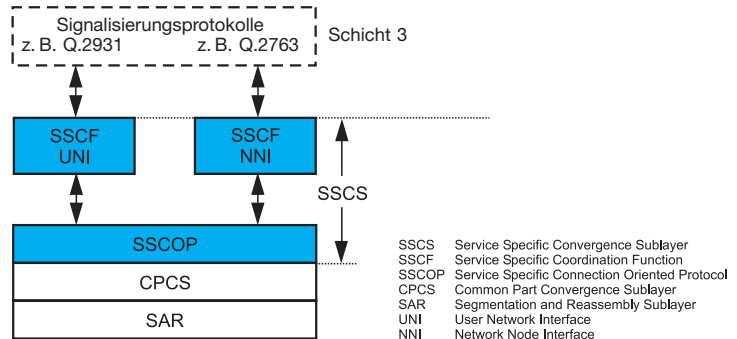


Bild 18: Schichtenaufbau der Signalisierungs-AAL

Die eigentliche Signalisierung erfolgt mittels vordefinierter Nachrichten, die zwischen einer ATM-Endeinrichtung und einer Vermittlungsstelle oder zwischen Vermittlungsstellen ausgetauscht werden. Der Ablauf des Austausches ist ebenfalls fest vorgegeben. Bild 19 verdeutlicht einen solchen Nachrichtenaustausch für die UNI-Schnittstelle. Auf die Einzelheiten der Signalisierung soll im Rahmen dieser Abhandlung verzichtet werden.

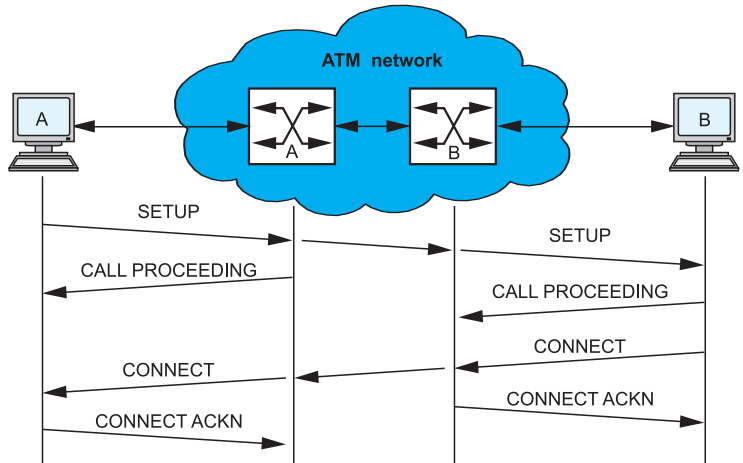


Bild 19: Beispiel für die Signalisierung an der UNI (Verbindungsaufbau)

Adressierung in ATM-Netzen

Jeder Teilnehmer eines ATM-Netzes mit Wählverbindungen braucht eine ATM-Adresse („Telefonnummer“), um überhaupt „anwählbar“ zu sein. ITU-T E.164 spezifiziert Adressen des („Schmalband-“)ISDN, eingeschlossen gewöhnliche Telefonnummern. Sie besteht aus maximal 15 Zeichen, wobei jedes Zeichen BCD codiert wird. Die Adresse ist in folgende 3 Teile strukturiert, die regionalen Codes (CC, NDC) und die eigentliche Teilnehmer-Nummer (SN). Die jeweiligen Zeichenlängen sind national unterschiedlich.



CC = Country Code
NOC = National Destination Code
SN = Subscriber Number

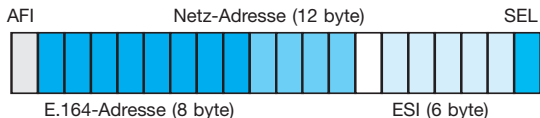
Bild 20: ITU-T-E.164-Adresse

NSAP-Adreßformate:

Diese sind 20 Byte lang und setzen sich zusammen aus einem netzspezifischen und einem gerätespezifischen Teil. Um verschiedene Formate zu unterscheiden, reserviert man 1 Byte der Adresse für den Format-Indikator (AFI – Authority and Format Identifier). Der gerätespezifische Teil der Adresse beträgt 6 Byte (ESI – End System Indicator) und kann zum Beispiel eine 48-Bit-MAC-Adresse (oft auch „Hardware-Adresse“) genannt enthalten.

Eingebundene ITU-T-E.-164-Adresse:

Bild 21: Eingebundene
ITU-T-E.164-Adresse



Da E.164-Adressen maximal 15 Zeichen lang sind, wird vorne mit Nullen aufgefüllt und im letzten Oktett ein Padding mit „1111“ (oder „F“, hex) eingefügt, um die Länge von 8 Oktetten zu erreichen.

DCC-(Data Code Country-) und ICD-(International Code Designator-)Format

Im AFI wird festgelegt, ob es sich um das DCC-(länderorientierte Hierarchien-) oder ICD-(organisationsmäßige Hierarchien-)Format handelt.

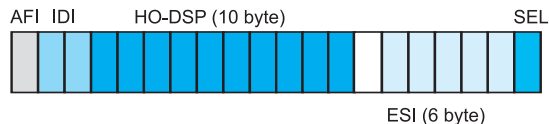


Bild 22: NSAP-Adresse
(DCC-/ICD-Format)

ATM-Service- Kategorien

Wie in der Einleitung erwähnt, zeichnen sich ATM-Netze durch eine Vielfalt von Diensten aus. Die Bezeichnungen für die Dienstearnten variieren zwischen ITU-T und ATM-Forum. Die Tabelle 4 gibt einen Überblick der standardisierten Dienste.

Hinter den verschiedenen Dienstekategorien stehen natürlich konkrete Anwendungen. Es ist nicht immer möglich, eine eindeutige Aussage zu treffen, welche Dienstekategorie für welche Anwendung geeignet ist. Tabelle 5 soll anhand einiger konkreter Applikationen einen Überblick bieten.

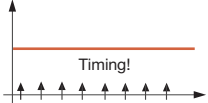
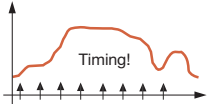

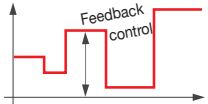
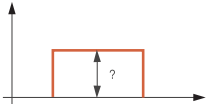
ATM-Forum	ITU-T	Mögliches Verkehrs-Profil	Beschreibung/ Applikation
Constant Bit Rate CBR	Deterministic Bit Rate DBR		Konstante Bitrate mit Zeitbezug (Echtzeit) Sprache, Video
Realtime Variable Bit Rate rt-VBR	under study		Variable Bitrate mit Zeitbezug (Echtzeit) Komprimiertes Video/Audio
Non realtime Variable Bit Rate nrt-VBR	Statistical Bit Rate SBR		Variable Bitrate ohne Zeitbezug File-Transfer
Available Bit Rate ABR	Available Bit Rate ABR		Ressourcenabhängige Bandbreitenzuordnung, das Netz hat interaktive Kontrolle
Unspecific Bit Rate UBR	-		Keine Garantie bezüglich Verkehrs- und QoS-Parameter

Tabelle 4: Überblick der ATM-Dienstekategorien

	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
Critical data	● ●	●	● ● ●	●	○
LAN interconnect	●	●	● ●	● ● ●	● ●
WAN transport	●	●	● ●	● ● ●	● ●
Circuit emulation	● ● ●	● ●	○	○	○
Telephony, Video-conferencing	● ● ●	○ ○	○ ○	○	○
Compressed audio	●	● ● ●	● ●	● ●	●
Video distribution	● ● ●	● ● ●	●	○	○
Interactive multimedia	● ● ●	● ● ●	● ●	● ●	●
● ● ● Optimum; ● ● Good; ● Fair; ○ Not suitable; ○ ○ Under review					

*Tabelle 5: ATM-Dienste-
kategorien und Applikationen
(Quelle: ATM-Forum)*

Traffic Contract (Verkehrsvertrag)

ATM-Dienste sind nach verschiedenen Kriterien klassifiziert:

- Art des Dienstes, charakterisiert durch die Verkehrsparameter (Traffic parameter)
- Dienstqualität, charakterisiert durch QoS-Parameter

Die wesentlichen Charakteristiken müssen vor Kommunikationsbeginn im Rahmen eines Traffic contract (Verkehrsvertrages) „ausgehandelt“ werden.

Verkehrsparameter (Traffic parameters)

Die Art des Dienstes wird von den Verkehrsparametern charakterisiert:

Peak Cell Rate (PCR): Spitzen-Zellrate; maximale Bitrate, die von der Quelle gesendet werden darf.

Cell Delay Variation Tolerance (CDVT) peak: Toleranz der Zell-Laufzeitschwankungen, bezogen auf die Spitzen-Zellrate. Dieser Wert wird meistens vom Netzbetreiber vorgegeben.

Sustainable Cell Rate (SCR): Dauer-Zellrate; Obergrenze der mittleren Zellrate, die von der Quelle gesendet werden darf.

Cell Delay Variation Tolerance (CDVT) sustained: CDVT, bezogen auf die Dauer-Zellrate.

Maximum Burst Size (MBS)/Burst Tolerance (BT): Maximale Zeit bzw. Zellenzahl, mit der die Quelle PCR senden darf.

Minimum Cell Rate (MCR): Minimale Zellrate, die vom Netz garantiert wird (für ABR).

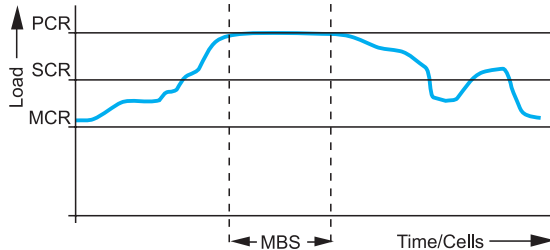


Bild 23: ATM-Verkehrsparameter

Achtung: Die Verkehrsparameter des Verkehrsvertrages haben nur indirekt etwas mit den Quellparametern von Endgeräten tun. Die Quellparameter spiegeln das Sendeverhalten von ATM-Endgeräten wider. Sie sollten den Verkehrsparameter nicht überschreiten.
 Oft werden nicht alle Parameter für alle Dienstekategorien gebraucht. Für CBR genügt z. B. die Angabe von PCR und CDVT peak (siehe auch Tabelle 6).

Attribute	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR	Parameter-klasse
CLR	definiert	definiert	definiert	nicht definiert	definiert	QoS
CTD und CDV	CDV und Mean CTD	CDV und Max CTD	nur Mean CTD	nicht definiert	nicht definiert	QoS
PCR und CDTV	definiert	definiert	definiert	definiert	definiert	<i>Verkehr</i>
SCR und BT	nicht anwendbar	definiert	definiert	nicht anwendbar	nicht anwendbar	<i>Verkehr</i>
MCR	nicht anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar	definiert	<i>Verkehr</i>

*Tabelle 6:
Dienstekategorien und die zugehörigen Parameter*

Quality-of-Service-Klassen (QoS-Klassen)

Die QoS-Klassen sind diensteabhängig. Folgende Klassen wurden bereits spezifiziert:

Class 0: nicht spezifiziert

Class 1: Circuit emulation, CBR video

Class 2: VBR Audio und Video

Class 3: Verbindungsorientierter Datenverkehr

Class 4: Verbindungsloser Datenverkehr

Die Klassen werden unterschieden, indem man für folgende Parameter verschiedene Werte angibt:

- CTD
- CDV
- CLR (für CLP = 1- und CLP = 0-Zellen verschieden)

In Zukunft sind noch feinere Klassifizierungen möglich.

Traffic Management

Um eine bestimmte Quality of Service für alle ATM-Dienste garantieren zu können, ist es wichtig, das Netz nicht über seine Kapazität zu belasten. Weiterhin dürfen sich die einzelnen Verbindungen nicht gegenseitig beeinflussen, so daß Qualitätseinbußen zu erwarten sind. Um ein reibungsloses Nebeneinander von verschiedenen virtuellen Kanälen zu ermöglichen, sind Regel- und Kontrollmechanismen eingeführt. Zusammengefaßt sind sie unter der Bezeichnung „Traffic Management“.

Traffic-Management-Funktionen

- **Connection admission control (CAC)**
Überprüft im Rahmen des Verkehrsvertrages (während des Signalisierungsvorganges), ob eine Verbindung die angeforderte QoS einhalten kann und die QoS der bereits eingerichteten Verbindungen nicht beeinträchtigt.

- **Usage parameter control (UPC) oder Policing**
überwacht die Einhaltung der im Verkehrsvertrag ausgehandelten Parameter. Nichtkonforme Zellen werden gekennzeichnet (CLP = 1).
- **Cell loss priority control**
sorgt dafür, daß gekennzeichnete Zellen (CLP = 1) bei Bedarf verworfen werden.
- **Traffic shaping**
wird von Endgeräten sowie von einigen Netzelementen durchgeführt, um den gesendeten Zellenstrom auf jeden Fall vertragskonform zu halten.
- **GCRA (generic cell rate algorithm) oder „Leaky Bucket“-Algorithmus**
Dieser Algorithmus wird sowohl bei der UPC als auch beim traffic shaping verwendet. Mit seiner Hilfe werden die Parameter PCR, SCR und MBS kontrolliert. Anschaulich kann man das Prinzip mit einem „undichten“ Eimer beschreiben, wobei der Inhalt des Eimers aus ATM-Zellen besteht. Das Leck ist so dimensioniert, daß bei konformem ATM-Zellenfluß der Eimer nicht „überläuft“.



Bild 24: Anschauliche Darstellung des „Leaky Bucket“-Algorithmus

Ab einer bestimmten „Füllstandsanzeige“ werden die Zellen gekennzeichnet ($CLP = 1$, „tagging“). Bei der konkreten Realisierung des Algorithmus stellt der Eimer einen Zellzähler dar. Der Zähler wird bei jeder ankommenden Zelle um eine Einheit erhöht. Die „Leck-Tropfrate“ ist in diesem Algorithmus die Dekrementierrate, die den Zellzähler kontinuierlich um eine Einheit verringert. Sie ergibt sich aus der zu überprüfenden Bitrate (z. B.: $1/PCR$) und wird bestimmt durch den Minimalabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zellen. Das „Eimervolumen“ stellt den Wertebereich des Zellzählers dar und wird repräsentiert durch die zulässige zeitliche Toleranz der ankommenden Zellen. Dieser Wert wird im Rahmen des Verkehrsvertrages ausgehandelt bzw. vom Netzbetreiber

vorgegeben: Toleranz der Zellverzögerungsvariation (CDVT). Überschreitet der Zellzähler einen bestimmten Wert, gelten die Zellen als nicht konform. Als Gegenmaßnahme kann nun die Markierung (Tagging, CLP = 1) oder die Verwerfung nichtkonformer Zellen (Dropping) getroffen werden. Werden mehrere Parameter gleichzeitig überwacht (z. B. PCR und SCR), so spricht man von einem „Dual Leaky Bucket“, wird ein Parameter überwacht, von einem „Single Leaky Bucket“.

ATM-Meßaufgaben

ATM ist dafür ausgelegt, eine Vielzahl von verschiedenen Diensten zu übertragen und dabei Garantien auf die Qualität ebendieser Übertragung zu geben. Dabei sind die Bandbreiten sehr groß und die Dienste stellen unterschiedlichste Anforderungen. Diese Fakten und eine Vielzahl von Schnittstellen zu anderen Technologien und Protokollen ebnen den Weg für ein sehr breites Anwendungsfeld für ATM-Meßtechnik. In jedem Lebenszyklus eines ATM-Netzelementes und Netzes spielen Tests eine wichtige Rolle. Ziel ist dabei immer die Sicherstellung der Funktion und die Reduzierung der Betriebskosten. Die größtmögliche Effektivität von ATM-Netzen läßt sich durch den kombinierten Einsatz von Netzmanagementsystemen und externer Meßtechnik erzielen. Grundsätzlich lassen sich die Meßaufgaben in die beiden Anwendungsfelder Telekommunikation (MAN-, WAN-Bereich) und Datenkommunikation (LAN-Bereich) unterteilen.

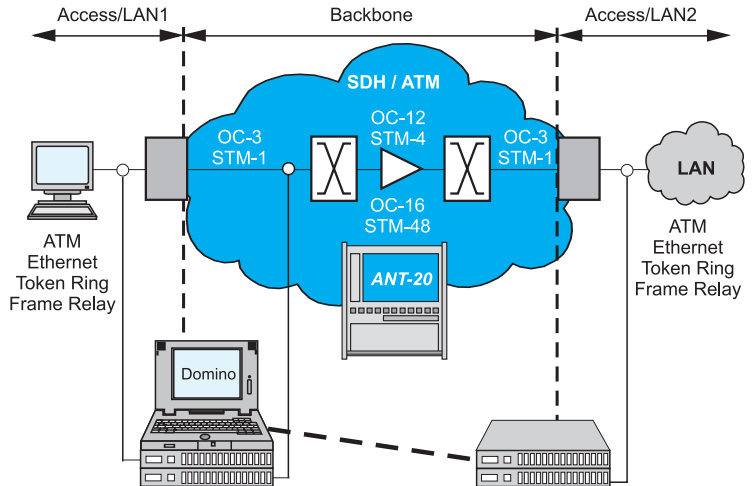


Bild 25: Anwendungsfelder für ATM-Meßtechnik

Eine Übersicht der vielfältigen Meßaufgaben:

Physikalische Schicht

- Sicherstellung der korrekten Funktion der Übertragungsschicht (SONET, SDH, ADSL ...)

ATM-Schicht

- Performance-Analyse (Quality of Service)
- Sensor-Tests (Alarmer)
- Traffic Management (Usage Parameter Control, ...)
- OAM-Management

ATM-Anpassungsschicht

- Test auf fehlerfreie Funktion

Analyse und Fehlersuche innerhalb der eingesetzten Dienste und Anwendungen, Internetworking

- SVC-Signalisierungs-Tests
- Dienste: ILMI, LANE, MPOA, ...

Monitoring

- Ermittlung der Auslastung und des Verkehrsprofils

Im folgenden werden einige Meßaufgaben näher erläutert. Sie sollen Ihnen ein Gefühl für die Meßaufgaben vermitteln.

Wie wird getestet?

ATM-Messungen können auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden:

1. Out-of-Service-Messung

Kennzeichnend für diese Messung ist die Unterbrechung des eigentlichen Verkehrs. Deshalb ist das Hauptanwendungsgebiet solcher Tests die Produktion, Installation, Verifikation und bei schwerwiegenden Fehlern eines bereits in Betrieb befindlichen ATM-Systems. Selbstverständlich lassen sich einzelne Kanäle eines ATM-Systems auch noch nach der Inbetriebnahme durch eine Out-of-Service-Messung überprüfen.

2. In-Service-Messung

Vor allem zur Überwachung des laufenden Verkehrs kommen diese Messungen zum Einsatz. Es läßt sich die Leistungsfähigkeit des ATM-Netzes feststellen und es können statistische Rückschlüsse auf die Netzausnutzung gezogen werden. Es bestehen drei Möglichkeiten, ein Meßgerät so mit dem Netzwerk zu verbinden, daß der laufende Verkehr nicht gestört wird. Zum einen können optische Splitter verwendet werden, die einen Teil der optischen Leistung zu Meßzwecken dem eigentlichen Signal entnehmen. Eine andere Möglichkeit ist die Benutzung von Meßgeräten im sogenannten Durchgangsmodus. Das Signal wird in diesem Fall durch das Gerät geleitet. Es kann dabei beeinflußt werden. Die dritte Möglichkeit ist die Benutzung von Meßpunkten, die von ATM-Equipment-Herstellern eingebaut wurden.

QoS Parameters (Was wird gemessen?)

Die folgenden Parameter wurden in der Empfehlung ITU-T I.356 definiert und stellen die Meßergebnisse eines QoS-Tests dar:

$$\text{Cell Loss Ratio (CLR)} = \frac{\text{verlorene Zellen}}{\text{Alle gesendeten Zellen}}$$

$$\text{Cell Error Ratio (CER)} = \frac{\text{fehlerhafte Zellen}}{\text{Alle gesendeten Zellen (inkl. fehlerhafte)}}$$

$$\text{Cell Misinsertion Rate (CMR)} = \frac{\text{falsch eingefügte Zellen}}{\text{Zeitintervall}}$$

Cell Transfer Delay (CTD) ist die Zeit $t_2 - t_1$ einer Testzelle:

t_1 : Zeitpunkt des Eintritts der Zelle in die DUT

t_2 : Zeitpunkt des Austritts einer Zelle aus der DUT

Mean Cell Transfer Delay (MCTD) ist das arithmetische Mittel einer bestimmten Anzahl von CTD-Werten.

Cell Delay Variation (CDV) ist die Schwankungsbreite der Zellübertragungsverzögerung (CTD) einer virtuellen Verbindung. Durch die Definition der „Quality of Service“ ist ein differenzierteres Dienst-Angebot möglich, zum Beispiel durch verschiedene Garantien für Zellverlust-raten. Damit steht den Dienst-Anbietern auch ein Instrument der Preisvariation zur Verfügung. Dies wiederum bedeutet, daß ein Dienst-

Anbieter die QoS auch gegenüber seinen Kunden nachweisen muß.
 QoS measurement nach ITU-T O.191 (Wie wird gemessen?)

Die ITU-T legt in ihrem Standard O.191 Meßmethoden fest, nach denen auf der ATM-Schicht QoS nachgewiesen werden kann. Damit werden herstellerspezifische oder ungenügende Meßmethoden ersetzt, die bisher in Gebrauch waren.

Insgesamt beschreibt die O.191 ein Diagnosemodell zur Performanceanalyse, für die Testzellen über eine vereinbarte virtuelle Verbindung transportiert werden. Bei dem Verfahren handelt es sich um eine „Out-of Service“-Messung.

Wichtig: Die Messung nach O.191 testet die Performance auf Zellenbasis, also auf der ATM-Schicht. Die Funktionalität und die Performance der einzelnen AALs muß separat betrachtet werden.

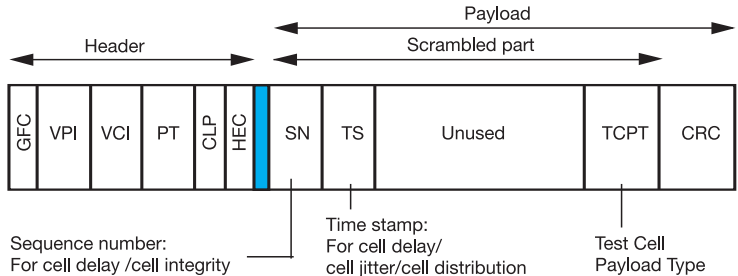


Bild 26: Prinzipieller Aufbau einer Testzelle

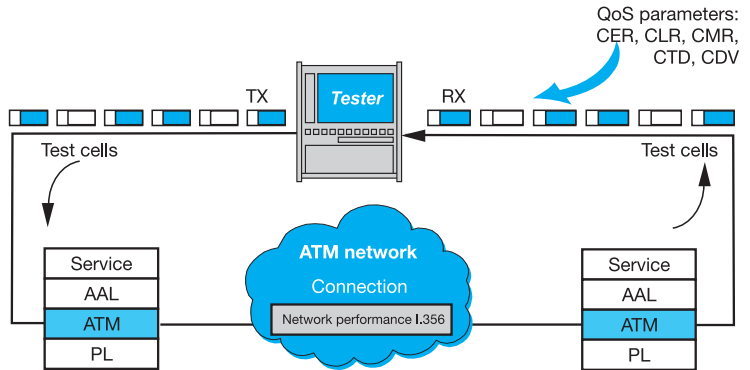


Bild 27: Messung der QoS-Parameter nach ITU-T O.191

Usage Parameter Control-Test

Usage-Parameter-Control-(UPC-)Funktionalitäten sollen verhindern, daß nichtkonformer ATM-Verkehr eines Teilnehmers andere beeinträchtigt. Somit stellt die Bereitstellung und Qualität von UPC-Funktionalitäten ein wichtiges Unterscheidungskriterium für die Auswahl eines Switches dar. UPC – oder auch Policing – ist ein wichtiger Bestandteil des Traffic Managements. Bei Abnahmen wird daher getestet, wie gut Policing-Funktionen von einem Switch unterstützt werden.

Am einfachsten erfolgt der Test mit einem Self Call in zwei Schritten:
Ein ATM-Testkanal wird zuerst mit allen Parametern (Verkehrsvertrag, Verbindungsart, ...) festgelegt. Nach erfolgreichem Verbindungsaufbau testet man im zweiten Schritt die Reaktion der UPC, indem man das Sendeverhalten des Instruments gezielt manipuliert (konformer/nicht-konformer Verkehr).

1. Schritt:

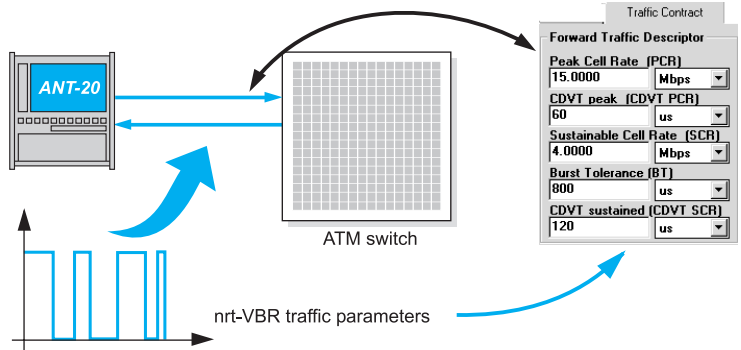


Bild 28: Einstellen der Traffic-Contract-Parameter

2. Schritt:

Ändern des Verkehrsvertrages

Anpassen an Verkehrsvertrag

Ändern der Quellparameter

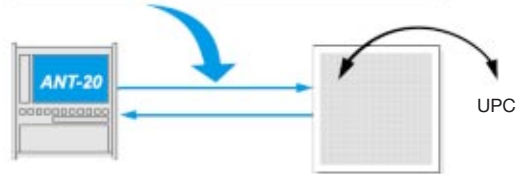


Bild 29: Kontrolle der Quellparameter in Echtzeit

Test der Kanaltransparenz

Der vollständige Bitfehlerraten test über einen ATM-Kanal hat viele Anwendungen. Er zeigt unter anderem, ob eine eingerichtete Verbindung fehlerfrei steht. Beim AAL-0 BERT testet eine Bitsequenz die gesamte ATM-Kanal-Payload. Der AAL-1 BERT testet hingegen die AAL-1 PDU. Das Beispiel zeigt den zu testenden Kanal, neben anderen geschalteten ATM-Verbindungen. Der Testkanal ist hier eine unidirektionale permanente virtuelle Kanal-Verbindung (PVCC). Das Meßgerät prüft, ob die

gesendete Bitsequenz der empfangenen entspricht. Durch das gezielte Einblenden von Fehlern kann festgestellt werden, ob wirklich eine Schleife im ATM-Switch besteht.

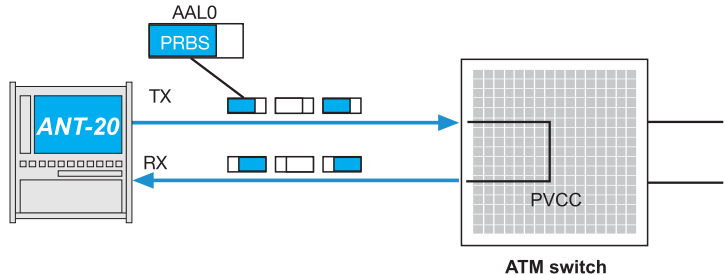


Bild 30: ATM-BERT-Test

**Sensortest:
Loss of Cell Delineation**

Wie schon im Abschnitt „Zellsynchronisation“ beschrieben, wird das Prinzip der Synchronisation eines ATM-Switches auf einen eingehenden ATM-Zellstrom mit Hilfe eines Zustandsdiagramms beschrieben. Der LCD-Alarm signalisiert dem ATM-Netzbetreiber, daß ebendiese Synchronisation verlorengegangen ist. Ziel dieser Messung ist es, den ATM-Switch gezielt aus seinem synchronisierten Zustand zu bringen und zu testen, ob die Synchronisation wieder erreicht wird. Dazu werden 7 aufeinanderfolgende fehlerhafte Zellköpfe an den Switch geschickt. Die Folge sollte ein LCD-Alarm sein. Stellt man nun das Senden der fehlerhaften Zellen ein, sollte der Switch sich wieder synchronisieren.

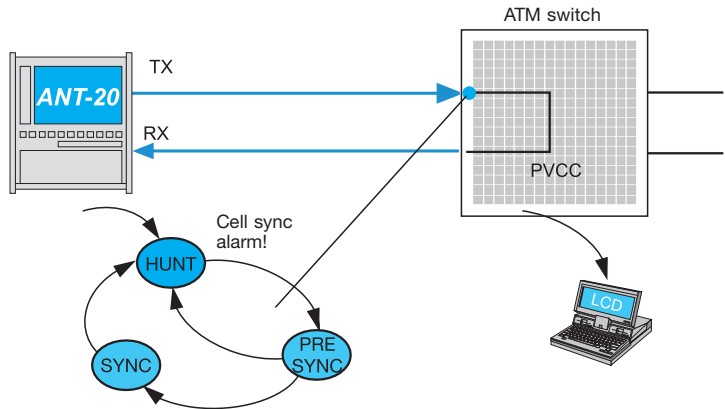


Bild 31: Test des ATM-Synchronisationsvorgangs

Interworking-Tests

Interworking Tests stellen sicher, daß die Schnittstellen zwischen verschiedenen Technologien innerhalb eines Netzes reibungslos funktionieren. Dies ist vor allem bei der Einführung von ATM-Systemen von großer Bedeutung. Zur Anwendung kommen hier Protokolltester. Sie erlauben die Entschlüsselung der komplexen Telekomprotokolle. Protokolltester haben mindestens 2 Ports und damit die Möglichkeit, mindestens 2 Leitungen gleichzeitig zu überwachen. Nur auf diese Weise lassen sich effektiv Rückschlüsse zwischen Ursache und Wirkung ermitteln. Man denke dabei nur an den Austausch von Signalisierungs-

nachrichten, wie sie im Abschnitt „Signalisierung im ATM“ beschrieben sind.

Protokolltester sind in der Lage, wie ein Netzelement zu agieren. Dieses Verhalten wird als Emulation bezeichnet. Mit Hilfe dieses Tests ist es möglich, die Protokollkonformität von Netzelementen zu überprüfen.

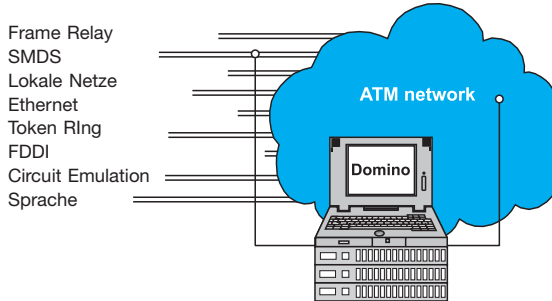


Bild 32: Interworking-Test mit Hilfe eines Protokollanalysegeräts

Noch Fragen? Wavetek Wandel & Goltermann bietet ein umfangreiches praxisorientiertes Trainingsprogramm. Ihre lokale Wavetek-Wandel & Goltermann-Vertretung wird Sie gerne beraten. Wir würden uns freuen, Sie begrüßen zu können. Außerdem finden Sie auf unserer Homepage viele Dokumente zum Thema „ATM testing“.

Weiterführende Literatur:

- Application Note „Können Sie sich auf die Qualität der Verbindungen verlassen?“
- „Meßtechnik in digitalen Netzen“ von Roland Kiefer, Hüthig Verlag 1997, ISBN 3-7785-2527-1
- „ATM – Die Technik“ von Gerd Sigmund, Hüthig Verlag 1997, ISBN 3-7785-2541-7

Nützliche WWW-Adressen:

ATM-Forum: <http://www.atmforum.com>

ITU-T: <http://www.itu.ch>

Wandel & Goltermann: <http://www.wg.com>

Wavetek: <http://www.wavetek.com>

Abkürzungsverzeichnis

A	AAL	ATM Adaptation Layer
	AAL-1	ATM Adaptation Layer Type 1
	AAL-2	ATM Adaptation Layer Type 2
	AAL-3/4	ATM Adaptation Layer Type 3/4
	AAL-5	ATM Adaptation Layer Type 5
	ABR	Available Bit Rate
	ACM	Address Complete Message
	ACR	Allowed Cell Rate
	AIR	Additive Increase Rate
	AIS	Alarm Indication Signal
	ANSI	American National Standards Institute
	ATM	Asynchronous Transfer Mode
B	B-ICI	B-ISDN Inter Carrier Interface
	B-ISDN	Broadband ISDN
	BER	Bit Error Rate
	BISUP	Broadband ISDN User Part
C	CAC	Connection Admission Control
	CBR	Constant Bit Rate
	CCR	Current Cell Rate
	CDV	Cell Delay Variation
	CDVT	Cell Delay Variation Tolerance
	CER	Cell Error Ratio
	CLP	Cell Loss Priority
	CLR	Cell Loss Ratio

	CMIP	Common Management Interface Protocol
	CMR	Cell Misinsertion Ratio
	COM	Continuation of Message
	CPCS	Common Part Convergence Sublayer
	CPE	Customer Premises Equipment
	CRC	Cyclic Redundancy Check
	CS	Convergence Sublayer
	CTD	Cell Transfer Delay
D	DBR	Deterministic Bit Rate
	DSS2	Digital Subscriber Signaling #2
E	EOM	End of Message
	ETSI	European Telecommunications Standards Institute
F	FDDI	Fiber Distributed Data Interface
	FEBE	Far End Block Error
	FEC	Forward Error Correction
G	GCRA	Generic Cell Rate Algorithm
	GFC	Generic Flow Control
H	HEC	Header Error Control
I	ILMI	Interim Link Management Interface
	IP	Internet Protocol
L	LAN	Local Area Network
	LANE	LAN Emulation
	LOC	Loss of Cell Delineation
	LOF	Loss of Frame
	LOS	Loss of Signal

M	MAN	Metropolitan Area Network
	MBS	Maximum Burst Size
	MCR	Minimum Cell Rate
	MCTD	Maximum Cell Transfer Delay
	MIB	Management Information Base
	MPOA	Multi Protocol over ATM
N	NNI	Network Node Interface
O	OAM	Operation Administration and Maintenance
P	PCR	Peak Cell Rate
	PNNI	Private NNI
	POH	Path Overhead
	PRBS	Pseudo Random Bit Sequence, auch Quasi-Zufallsfolge
	PVC	Permanent Virtual Circuit
	PVCC	Permanent Virtual Path Connection
Q	QoS	Quality of Service
S	SAAL	Signaling ATM Adaptation Layer
	SAR	Segmentation and Reassembly
	SBR	Statistical Bit Rate
	SCCP	Signaling Connection and Control Part
	SCR	Sustainable Cell Rate
	SDH	Synchronous Digital Hierarchy
	SMDS	Switched Multi-Megabit Data Services
	SN	Sequence Number
	SONET	Synchronous Optical Network
	SSCF	Service Specific Coordination Function
	SSCOP	Service Specific Connection Oriented Protocol

	SSCS	Service Specific Convergence Sublayer
	STM	Synchronous Transport Module
	STS	Synchronous Transport Signal
	SVC	Switched Virtual Circuit
T	TCP	Transmission Control Protocol
	TM	Traffic Management
U	UBR	Unspecified Bit Rate
	UNI	User Network Interface
	UPC	Usage Parameter Control
V	VBR	Variable Bit Rate
	VC	Virtual Channel
	VC	Virtual Container
	VCI	Virtual Channel Identifier
	VP	Virtual Path
	VPI	Virtual Path Identifier
W	WAN	Wide Area Network

In dieser Reihe erschienen:

Band 1

SDH

**Taschenlexikon
für synchrone Übertragungssysteme**

D 5.98/WG1/1006

Band 2

GSM

**Taschenlexikon
für Mobilfunktests und Grundlagen**

D 8.98/WG1/1015

Band 3

SONET

**Pocket Guide
Fundamentals and SONET Testing**

E 7.98/WG1/1013

Schutzgebühr 15 DM – D 2.99/WG1/1020